



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ SRUBOVÉHO OBJEKTU
V KRKONOŠÍCH**

THE ROOF STRUCTURE OF THE TIMBER LOG CABIN HOUSE IN KRKONOŠE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Kunčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Václav Kunčík
Název	Zastřešení srubové stavby v Krkonoších
Vedoucí práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2015
Datum odevzdání	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí"

ČSN EN 1993 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí"

ČSN EN 1995 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí"

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce zastřešení srubové stavby v Krkonoších. Půdorysné rozměry objektu uvažujte nejvýše 12x20m. Při návrhu respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu. Konstrukci navrhnete z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva a ocelových konstrukčních prvků. Nosnou konstrukci uvažujte v alternativním uspořádání.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího práce

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem mé bakalářské práce je návrh a statistické posouzení dvou variant dřevěných nosných konstrukcí krovu pro srubový rodinný dům. První varianta je z hranolového řeziva, druhá se zabývá posouzením krovu z kuláčů. Stavba má 2 podlaží – 1. nadzemní patro a z části obytné podkroví. Konstrukce krovu je tvořena dvěma prolínajícími se sedlovými krovky. Půdorysné rozměry konstrukce krovu jsou 22x13,3 m a výška 6,6 m vyššího z obou krovů. Stavba se nachází v Krkonoších nedaleko Špindlerova Mlýna, klimatická zatížení jsou zohledněna pro danou oblast.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dřevěná nosná konstrukce, srub, sedlový krov, vazník, krokve, kleština, sloup

ABSTRACT

The major objective of this study is to design and statistically assess two variants of the roof construction at log cabin. The first option is wooden prism. The second option deals with roundwood. The building has 2 floors – above ground floor and partly residential attic. Roof construction is formed by two intersecting gable roof frames. Ground plan dimension of roof construction is 22x13,3 m and the height of the higher roof frame is 6,6 m. The building is situated in Krkonoše near by Špindlerův Mlýn. Climatic load areas considered in both variants.

KEYWORDS

Wooden supporting structure, log cabin, saddle roof, truss, rafter, collet, column

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Václav Kunčík *Konstrukce zastřešení srubového objektu v Krkonoších*. Brno, 2017. 21 s., 81 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2017

Václav Kunčik
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2017

Václav Kunčík
autor práce

Seznam použitých zdrojů

Technické normy a odborná literatura:

- [1] ČSN EN 1995-1-1 *Navrhování dřevěných konstrukcí*
- [2] *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5*. 1. vyd. Zlín: KODR, 1998, 1 svazek v různém stránkování. ISBN 80-238-2620-4.
- [3] *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80-867-6913-5.
- [4] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 44s.
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – sněhem*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 51s.
- [6] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – větrem*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 126s.
- [7] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [8] STRAKA, B., SÝKORA, K. *Dřevěné konstrukce*. Studijní opora, Modul BO03 – M01 až BO03 – M05, Intranet fakulty stavební VUT v Brně.

Internetové zdroje:

- [1] www.snehovamapa.cz [online]
- [1] www.sfsintec.biz [online]
- [1] www.bova-nail.cz [online]

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za jeho odborné rady, ochotu a trpělivost při vypracování mé bakalářské práce.

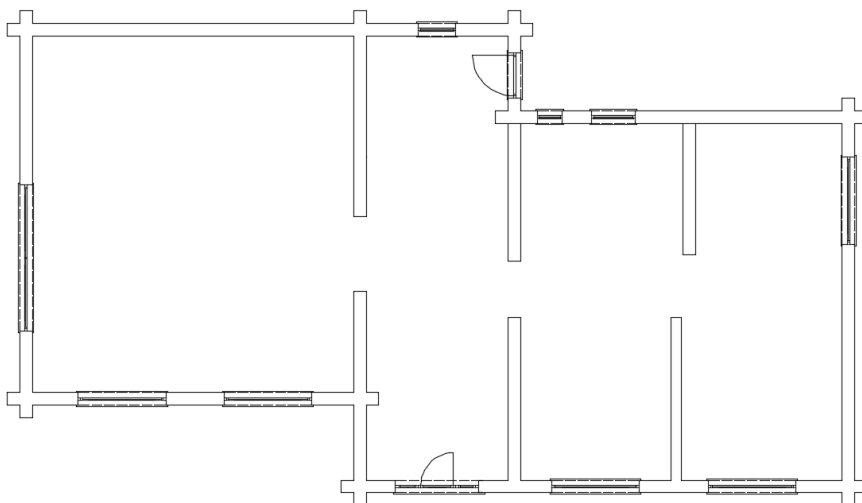
Obsah

1. Základní charakteristika konstrukce	11
1.1. Geometrie a uspořádání srubu	11
1.2. Umístění konstrukce	11
1.3. Řešené varianty	12
2. Konstrukční řešení	12
3. Materiál	13
4. Montážní postup	13
5. Ochrana dřeva	13
6. Softwarový výpočet	14

Základní charakteristika konstrukce

1.1. Geometrie a uspořádání srubu

Jedná se o srubovou stavbu rodinného domu. Půdorys stavby je vytvořen prolnutím dvou obdélníkových tvarů se vzájemným odsazením od podélné osy. Rozměry konstrukce srubu jsou 20x11,25 m. Střešní konstrukce je navržena jako dvě na sebe kolmé sedlové střechy. První sedlová střecha - v podélném směru, je v této práci označována jako krov 1. Sklon střechy prvního krovu je 22° a ční do výšky 5,6 m. Jedna středová vaznice musela být nahrazená vazníkem z důvodu překlenutí volného prostoru o délce 8 m. Druhá sedlová střecha - kolmá k podélnému směru, je umístěna ve střední části srubu. Dosahuje výšky 6,6 m ve sklonu 34° . V této práci je označována jako krov 2.



Obr. 1 – náčrt půdorysu srubu

1.2. Umístění konstrukce

Stavba se nachází v Krkonoších nedaleko Špindlerova Mlýna. Touto polohou jsou dána velice nepříznivá klimatická zatížení. Konkrétně zatížení od sněhu je na extrémní úrovni v porovnání s ostatními oblastmi v České republice. Charakteristická hodnota zatížení sněhem je $7,12 \text{ kN/m}^2$. Vzhledem k rozdílným sklonům střech jsou i tvarové součinitelé odlišné. Jak si lze ve výpočtu sněhového zatížení všimnout, malé sklony střech nejsou příliš vhodné

pro oblasti s takovýmto množstvím sněhu. Zatížení větrem je naopak téměř zanedbatelné, což nám potvrdil i samotný program. Největší zatížení na téměř všechny prvky způsobovala kombinace zatížení stálého a sněhu. Základní rychlost větru v této oblasti je 30 m/s.

1.3. Řešené varianty

V této práci navrhuji dvě možné varianty řešení konstrukce krovu. Obě jsem řešil v programu RSTAB jako prostorové konstrukce. Z programu jsem čerpal veškeré působící vnitřní síly odpovídající mnou vloženému zatížení. Následně jsem provedl ověření výpočtu jednotlivých prvků krovu v příložených statických výpočtech.

První varianta je z řeziva hranolového průřezu. Při návrhu jsem se snažil maximálně optimalizovat jednotlivé prvky. Ve statickém výpočtu jsem posoudil jednotlivé prvky krovu, nejnamáhanější spoj vazníku a zpracoval výkresovou dokumentaci.

Druhá varianta je navržena z kuláčů. Průměry jsou navrženy tak, aby konstrukce působila robustně a pohledově ladila se stěnami srubu. Návrh tedy není optimalizován, jak lze vidět ve statickém výpočtu. Posouzení bylo vypočítáno z důvodu porovnání a dokazuje předimenzování konstrukce při zachování robustních průměrů prvků. K této variantě není vypracována výkresová dokumentace.

1. Konstrukční řešení

Vazby krovů se skládají z krokví, které jsou v některých případech svázané kleštinou. Zatížení dále přenáší do vaznic a pozednic, které jsou buďto podepřeny sloupy s pásky, nebo v případě pozednic provázány se srubovou stěnou. Prostorová tuhost a stabilita konstrukce je zajištěna nosnou vrstvou střešního pláště vytvořenou z desek OSB3. Jedna středová vaznice v krovu 1 je nahrazena vazníkem, jelikož dispozice obývacího pokoje znemožnila podepření sloupem. Obě varianty mají stejný statický model, změněny jsou pouze průřezy prvků.

2. Materiál

Obě varianty jsou navrženy ze stejného dřeva. Konkrétně z rostlého dřeva třídy pevnosti C24. V případě první varianty lze pro menší profily použít hranoly KVH. Na kuláče je použita surová, odkorněná smrková kulatina. Konstrukce je spojena základními ocelovými spojovacími prostředky - svorníky, vruty, hřebíky, rektifikační šrouby a tvarové ocelové profily.

3. Montážní postup

Srub bude vyřezán v místě dodavatelské firmy a následně dovezen na místo realizace stavby, kde bude poskládán. Při skládání je nutno myslet na osazení svorníků dovnitř posledních 3 kuláčů stěny, kterým budou připojeny pozednice ke stavbě. Následně bude provedena impregnace dřeva srubu i řeziva krovu, které bude po zaschnutí osazeno na stěny srubu. V případě dodatečných úprav řeziva při montáži je potřeba tyto místa opět zatříit impregnačním nátěrem. Pouze jeden sloup prochází přes obě podlaží a je nutno jej osadit na rektifikační šroub, aby bylo zajištěno sedání tohoto sloupu souběžně se srubem.

4. Ochrana dřeva

Ochrana dřevěných prvků proti hnilobě, dřevokazným škůdcům a houbám bude zajištěna impregnačním nátěrem. Je doporučena impregnace dřeva přípravkem BOROWOOD, ve kterém se nevyskytují soli chromu a tímto splňuje všechny požadavky na ochranu životního prostředí a zároveň je zdravotně nezávadný. Množství impregnačního přípravku bude určeno v realizačním dokumentu.

Také je potřeba ochránit čela vaznic, pozednic a přesahy kulatiny proti dešťové vodě. To zajistíme zakrytím exponovaných částí měděným plechem.

5. Softwarový výpočet

Pro výpočet vnitřních sil a deformací byla použit program RSTAB 8.05. Obě varianty byl řešeny na prostorovém výpočtovém modelu. Následně byly jednotlivé prvky ověřeny ručním výpočtem.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ SRUBOVÉHO OBJEKTU V KRKONOŠÍCH

THE ROOF STRUCTURE OF THE TIMBER LOG CABIN HOUSE IN KRKONOŠE

2 – TECHNICKÁ ZPRÁVA K ŘEŠENÉ VARIANTĚ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Kunčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2017

Obsah

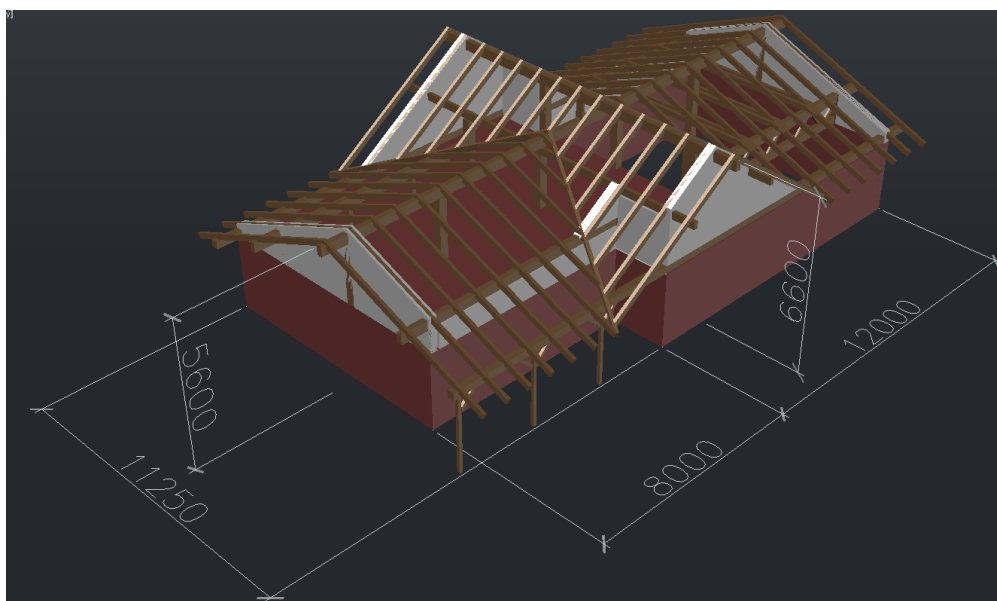
1. Úvod	17
2. Popis konstrukce	17
3. Zatížení	18
3.1. Stálá.....	18
3.2. Proměnná	18
3.2.1. Sníh	18
3.2.2. Vítr.....	19
4. Výpočet vnitřních sil a deformací	19
4.1. Nanesení zatížení	19
4.2. Vygenerování kombinací.....	20
4.3. Výpočet vnitřních sil a deformací	21
5. Spoje	21

1. Úvod

V této technické zprávě si rozvedeme podrobněji první variantu krovu, která je pro nás stěžejní. Podíváme se na tvar a popis konstrukce, jednotlivé použité prvky. Dále rozebereme údaje potřebné pro výpočet zatížení a z nich odvozené kombinace. Popíšeme jednotlivé prvky a spoj, který budeme posuzovat. Pojednání o ochraně konstrukce a postupu výstavby je obsaženo v první souhrnné technické zprávě pro obě varianty.

2. Popis konstrukce

Krov první varianty se skládá z hranolového řeziva. Půdorys krovu má celkové rozměry 22x13,25 m. Střešní konstrukce je navržena jako dvě na sebe kolmé sedlové střechy. Podélný krov 1 se sklonem 22° a výškou 5,6 m. Druhý, příčný krov 2 dosahuje výšky 6,6 m se sklonem střechy 34° . Krovy jsou spojeny úžlabními krokviemi. Všechny krokve jsou obdélníkového průřezu 120x260. V obou částech krovu 1 jsou použity kleštiny o průřezu 2x120x200. Všechny vazby leží na vaznicích a v případě krovu 1 i na pozednicích. V krovu se nenachází žádná podélná ztužidla. Prostorová tuhost je zajištěna záklopem z OSB desek. Z důvodu dispozice obývacího pokoje nebylo možné podepřít vaznici sloupem, a tak byla nahrazena vazníkem o rozpětí 8,2 m.

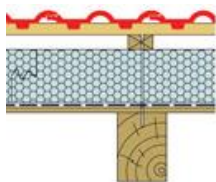


Obr. – 3D model konstrukce krovu v AutoCADu

3. Zatížení

3.1. Stálá

Na stavbu nám působí stálá zatížení od vlastní tíhy. Tyto zatížení počítá program RSTAB sám. Ostatní stálá zatížení jsou tvořena od střešního pláště. Střešní skladbu jsme navrhli s nadkroevní izolací, aby byly viditelné prvky krovu viditelné. Izolaci i střešní krytinu použijeme od firmy Bramac.

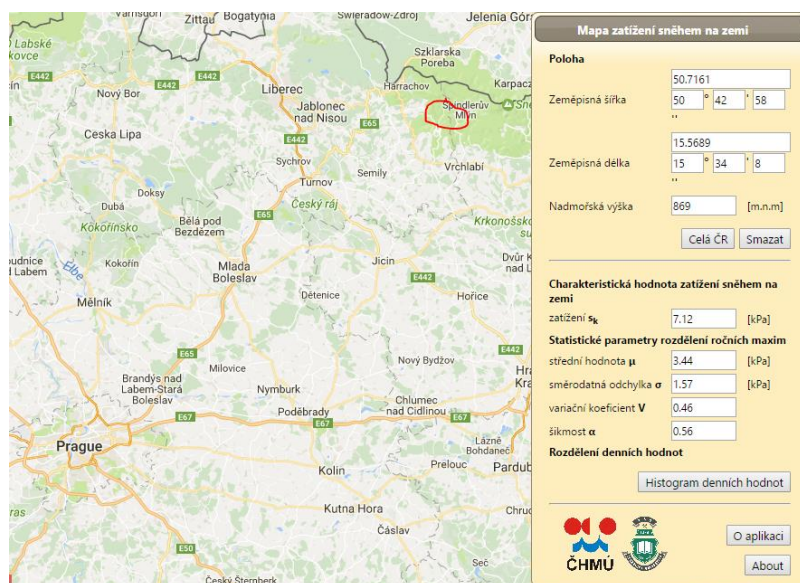


Obr. – skladba střechy s nadkroevní izolací

3.2. Proměnná

3.2.1. Sníh

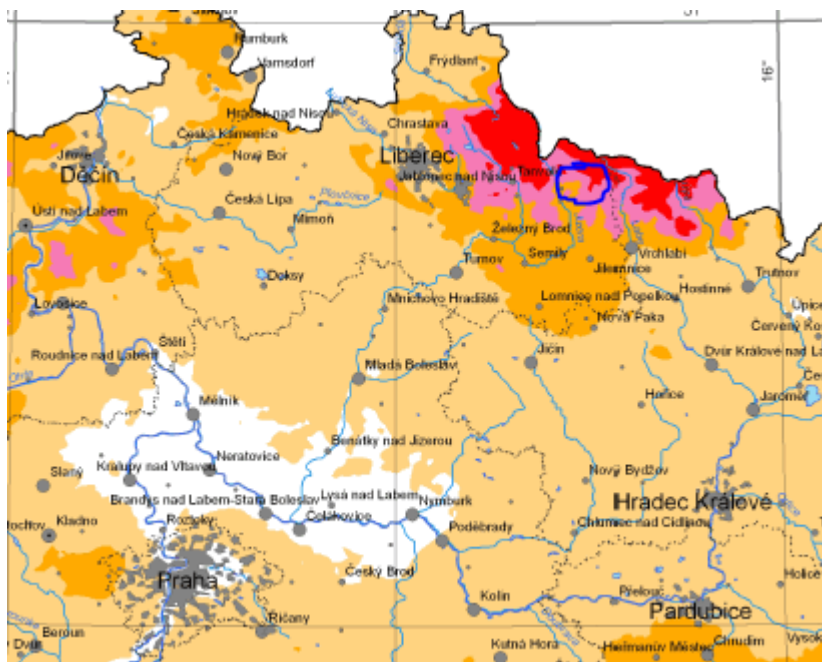
Stavba se nachází v Krkonoších nedaleko Špindlerova Mlýna. V nadmořské výšce 869 m.n.m. Jedná se o sněhovou oblast VIII., kde charakteristická hodnota zatížení sněhem je 7,12 kN/m². Vzhledem k rozdílným sklonům střech jsou i tvarové součinitelé odlišné. Pro sklon 22° je η_1 0,8 a pro střechu sklonu 34° je η_1 0,69. Zatížení od sněhu převyšuje všechna ostatní zatížení několikanásobně.



Obr. – umístění stavby na sněhové mapě ČR

3.2.2. Vítr

Stavba se nachází ve větrné oblasti IV., což nám stanovuje základní rychlost větru $v_{b,0}$ na 30 m/s. Naše stavba má dvě na sebe kolmé sedlové střechy, proto jsme museli posoudit působící vítr v obou směrech na oba krovy. Součinitel vnějšího tlaku je $C_{pe,10}$.



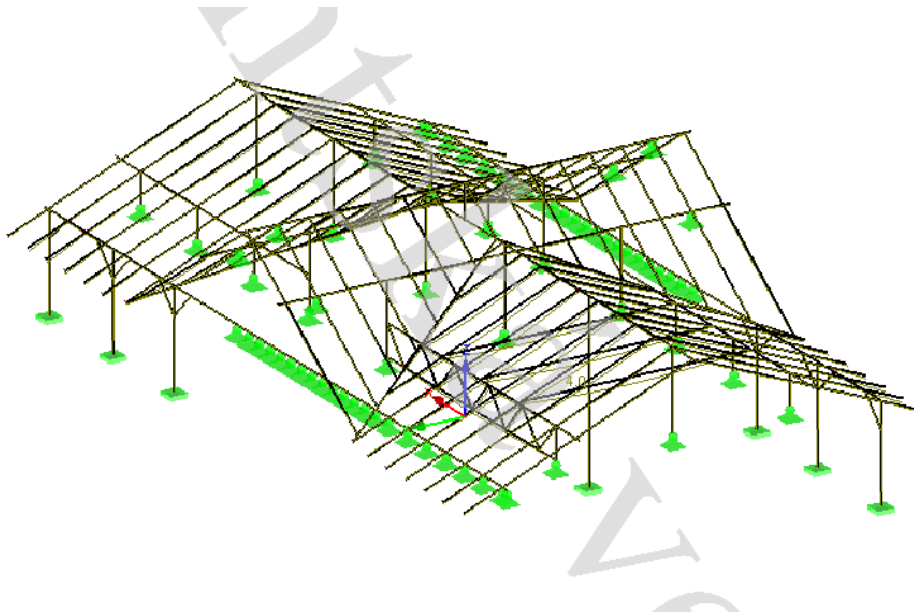
Obr. – umístění stavby na větrné mapě ČR

4. Výpočet vnitřních sil a deformací

4.1. Nanesení zatížení

V programu RSTAB jsme si vytvořili 3D statický model konstrukce, na který jsme následně nanášeli zatížení. Vlastní tíhu si program vygeneroval sám. My jsme nanесли ostatní stálé zatížení působící od skladby střechy, které jsme si ručně vypočítali, a nanесли jako celoplošné zatížení.

Výpočet zatížení sněhu a větru jsme také provedli ručně. V programu jsme, ale použili možnost generování zatížení od větru a sněhu. Jelikož program vygeneroval zatížení stejných hodnot jako námi spočítané, tak jsme pouze přiřadili jednotlivé varianty působení k zatěžovacím stavům. Museli jsme vytvořit více zatěžovacích stavů pro vítr, kvůli vzájemně kolmým krovům, a tedy většímu množství variant namáhání větrem na jednotlivé střechy.



Obr. – statický model konstrukce krovu v programu RSTAB

4.2. Vygenerování kombinací

Po nanesení všech zatěžovacích stavů jsme nechali program vygenerovat jednotlivé kombinace zatížení. Jak jsme předpokládali, tak i přesto, že se stavba nachází ve větrné oblasti IV jsou zatížení větrem téměř zanedbatelná.

Kombinace způsobující největší vnitřní síly byla KZ2.

$$KZ2 = 1,35 * G_k + 1,5 * Q_{k,1}$$

– stálá složka + hlavní proměnné od sněhu plného.

Téměř identické hodnoty vnitřních sil generovaly kombinace s přidáním vedlejšího proměnného zatížení od větru.

$$KZ7 = 1,35 * G_k + 1,5 * Q_{k,1} + 0,9 * Q_{k,2}$$

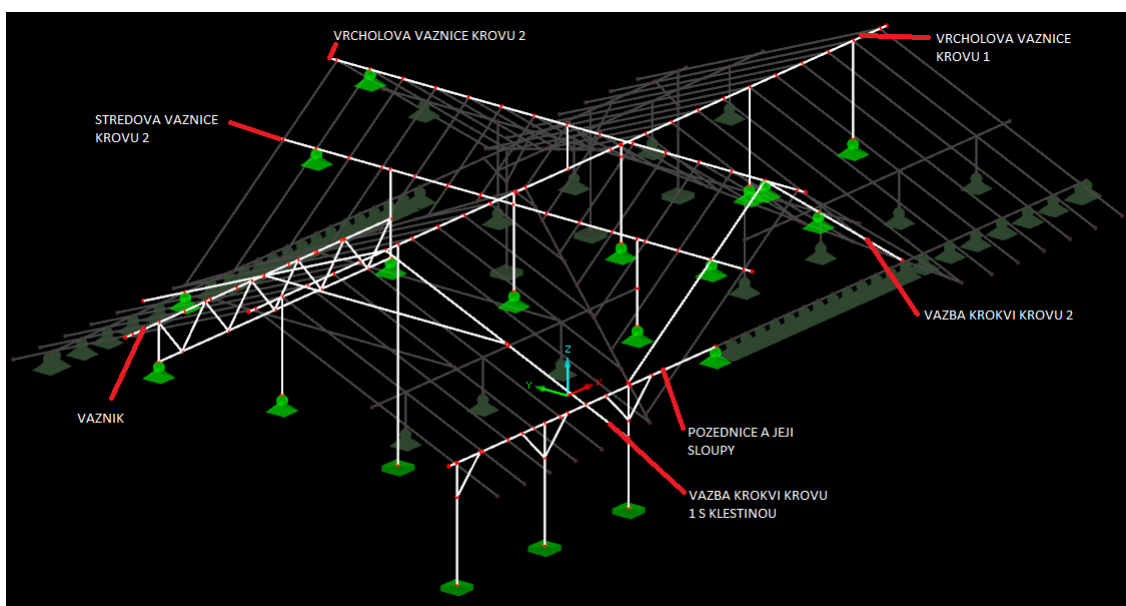
– stálá složka + hlavní proměnné sníh plný + vedlejší proměnné vítr působící tlakem na straně vazníku a sáním na odvrácené straně krovu.

V případě působícího zatížení od sněhu se při posuzování konstrukce pohybujeme u mnoha prvků na 90 % a větším využití průřezu. Když na konstrukci není sníh a působí pouze vítr jako proměnné zatížení, nepřesahuje využití průřezu 20 %.

4.3. Výpočet vnitřních sil a deformací

Pro námi prováděný výpočet jednotlivých prvků jsme ve všech případech krom jednoho použili kombinaci zatížení KZ2 – jedná se o působící stále a hlavní proměnné od sněhu plného. Pouze v případě vazníku jsme použili kombinaci KZ7, kde navíc jako vedlejší proměnné působí vítr tlakem na straně vazníku a sáním na odvrácené straně krovu.

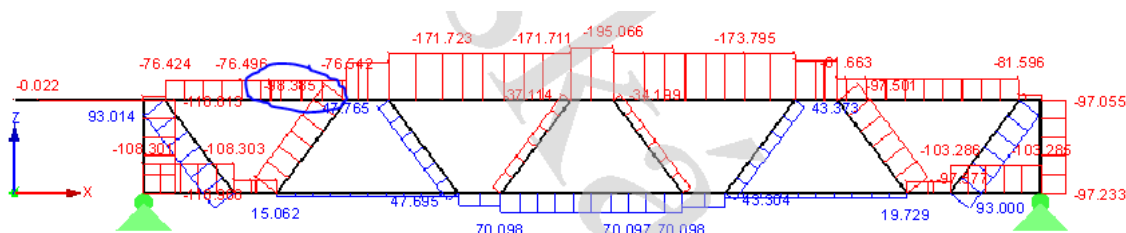
Na obrázku níže jsou zobrazeny všechny námi posuzované prvky krovu.



Obr. – námi posuzované prvky konstrukce krovu

5. Spoje

Pro výpočet spoje jsme si vybrali nejvíce namáhaný spoj na vazníku. Jedná se o místo připojení diagonály vazníku k hornímu pásu. Tento spoj jsme nakonec navrhli za použití 10 svorníků $\text{Ø}16$ ve dvou řadách.



Obr. – vazník s nejnamáhanějším spojem – tlaková síla 98,4 kN